# 肉桂醛对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量、产奶性能和氮排泄的影响

张成喜[1]　刘开东[2]　孙国强[1*]

（1.青岛农业大学动物科技学院，青岛 266109；2.青岛市畜牧兽医研究所，青岛 266100）

摘　要：本试验旨在研究肉桂醛（CA）对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量、产奶性能和氮排泄的影响。选用年龄、体重、胎次、产奶量、乳成分及泌乳期[（90±15） d]相近的荷斯坦奶牛 40 头，随机分成 4 个组，每组 10 头。对照组和试验 1、2、3 组分别在饲粮中添加 0、12、18 和 24 g/(d•头)肉桂醛。预试期 15 d，正试期 60 d。结果表明：1）各试验组尿中嘌呤衍生物排出量均极显著高于对照组（$P$<0.01），试验 1、2、3 组分别比对照组提高了 14.22%、17.62%、10.49%。2）各试验组产奶量均显著或极显著高于对照组（$P$<0.05 或 $P$<0.01），试验 1、2、3 组分别比对照组提高了 10.80%、12.15%、6.48%；试验 1、2 组的乳脂率均极显著高于对照组（$P$<0.01），各试验组乳蛋白率均极显著高于对照组（$P$<0.01），各试验组乳体细胞数均极显著低于对照组（$P$<0.01）。3）各试验组氮总排泄量均极显著低于对照组（$P$<0.01），试验 1、2、3 组分别比对照组降低了 9.76%、14.13%、7.39%。由此可知，在本试验条件下，综合考虑尿中嘌呤衍生物排出量、产奶量、乳成分含量以及氮总排泄量等指标，肉桂醛的适宜添加量为 18 g/(d•头)。

关键词：肉桂醛；嘌呤衍生物；产奶性能；氮排泄

中图分类号：S823　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　文章编号：

近年来，随着我国奶牛养殖业的快速发展，国内蛋白质饲料短缺，大豆等蛋白质原料主要依赖于进口，如何通过营养调控技术提高蛋白质的利用率一直是动物营养学研究的热点。同时，集约化、规模化的奶牛饲养模式导致大量未被利用的氮排放到环境中，其造成的环境污染和饲养成本上升问题已成为制约我国奶牛养殖业可持续发展的重要因素。在不影响奶牛

---

收稿日期：2016-11-22
基金项目：山东省现代农业产业技术体系牛产业创新团队项目（SDAIT-09-08）
作者简介：张成喜(1988-)，男，山东临沂人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养。E-mail: zcares@126.com
*通信作者：孙国强，教授，硕士生导师，E-mail: qdnydxsgq@126.com

生产性能的前提下，通过营养调控技术，提高奶牛蛋白质利用率，减少氮排泄，对于我国奶牛养殖业的发展具有积极的意义。肉桂醛（cinnamic aldehyde，CA）又名桂醛、桂皮醛、3-苯基-2-丙烯醛等，为黄色液体，可以从肉桂等植物中提取，也可以通过人工合成来获得[1]。张勇等[2]研究表明，在奶牛饲粮中添加大蒜油和肉桂醛复合物（GAR-CIN）可以显著提高产奶量，显著降低乳体细胞数，还能提高奶牛对营养物质的消化率。研究证明，在肉鸡饲粮中添加丝兰和肉桂植物提取物可以提高饲料氮的利用率，减少尿素氮、氨态氮（$NH_3$-N）及总氮的排泄量，减少了对环境造成的污染[3]。目前，肉桂醛在反刍动物生产中的研究主要集中在其对瘤胃微生物发酵及甲烷生成的影响上，而饲粮中添加肉桂醛对尿中嘌呤衍生物（PD）排出量、产奶性能和氮排泄的影响却鲜见报道。因此，本试验拟在饲粮中添加不同水平的肉桂醛，探讨肉桂醛对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量、产奶性能和氮排泄的影响，确定肉桂醛在奶牛饲粮中的适宜添加水平，以期提高奶牛对蛋白质饲料的利用率，提高奶牛产奶性能，降低奶牛饲养成本和氮排泄，为我国奶牛养殖业的可持续发展提供技术支持。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验设计

本试验采用单因素随机区组设计，选用青岛奥特奶牛良种场年龄、体重、胎次、产奶量、乳成分及泌乳期[（90±15） d]相近的荷斯坦奶牛 40 头，随机分为 4 组，每组 10 头。对照组和试验 1、2、3 组分别在饲粮中添加 0、12、18 和 24 g/(d•头)肉桂醛。每头奶牛每天预留 0.5 kg 精料将其作为载体与肉桂醛混合，剩余的精料与粗饲料混匀后制成全混合日粮（TMR），TMR 组成及其营养水平见表 1。肉桂醛与精料混匀后随 TMR 饲喂，整个试验期为 75 d，其中预试期 15 d，正试期 60 d。试验所用肉桂醛为肉桂醛复合物，由青岛润博特生物科技有限公司提供，为白色粉末状物质，其组成为肉桂醛、二氧化硅和淀粉等，其中肉桂醛≥5%，水分≤12%。

表 1　全混合日粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the TMR (DM basis) %

| 项目 Items | 含量 Content |
|---|---|
| 原料 Ingredients | |
| 玉米 Corn | 19.30 |
| 麦麸 Wheat bran | 2.34 |
| 豆粕 Soybean meal | 6.53 |
| 玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS | 2.18 |
| 大豆皮 Soybean hull | 3.95 |
| 全棉籽 Whole cottonseed | 3.47 |
| 花生秧 Peanut hay | 3.54 |
| 全株玉米青贮 Whole-plant corn silage | 27.61 |
| 啤酒糟 Brewer's grains | 7.42 |
| 苜蓿草 Alfalfa hay | 14.77 |
| 燕麦草 Oat hay | 5.63 |
| 脂肪酸钙 Calcium soap of fatty acid | 0.36 |
| 食盐 NaCl | 0.36 |
| 小苏打 $NaHCO_3$ | 0.36 |
| 预混料 Premix[1)] | 1.82 |
| 生物脱霉素 Biological mycotoxin removement agent | 0.36 |
| 合计 Total | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels[2)] | |
| 粗蛋白质 CP | 15.94 |

| | |
|---|---|
| 产奶净能 $NE_L$/(MJ/kg) | 6.88 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 45.60 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 21.68 |
| 钙 Ca | 0.80 |
| 磷 P | 0.38 |

1) 每千克预混料含 One kg of premix contained the following: VA 800 000 IU，$VD_3$ 400 000 IU，VE 3 000 IU，Fe 2 000 mg，Cu 1 500 mg，Zn 1 200 mg，Mn 3 500 mg，I 100 mg，Se 50 mg，Co 50 mg。

2) 产奶净能通过计算得出，就是将配方中原料的产奶净能[4]分别与其所占的百分比相乘，然后相加；其余营养水平为实测值[5]。$NE_L$ was a calculated value, which was the sum of $NE_L$[4] of different multiplied by their percentages in the concentrate using as substrate; while the other nutrient levels were measured values[5].

## 1.2 饲养管理

试验牛分栏饲喂，单独记录每头牛的采食量。预试期内每隔 2 d 称 1 次 TMR 剩料量，并记录投料量，每次在饲喂之前先收集上次的剩料并称重，根据每次的投料量和剩料量计算每头牛的采食量，共记录 6 次。预试期结束后，根据 6 次采食量计算出预试期内平均采食量。正试期内每隔 10 d 记录 1 次采食量，共记录 6 次，每次连续记录 3 d，根据 3 d 的采食量计算平均采食量，按照每次平均采食量调整下一阶段的 TMR 投料量。正试期结束后，根据 6 次采食量计算出正试期内平均采食量。试验牛每日采用利拉伐挤奶器挤奶 2 次（04:00、16:00），每日饲喂 TMR 2 次（04:30、16:30），并且确保奶牛每日有 20 h 以上时间能够接触到 TMR。试验牛采食后能够在运动场自由饮水和运动，按照常规对其进行驱虫、光照和管理。

## 1.3 样品采集与测定

1.3.1 尿样

预试期第 1～3 天、正试期第 28～30 天、正试期第 58～60 天时收集 3 次尿样，参考朱雯[6]点收尿法采样，每次采样时使用人工接尿结合膀胱取尿的方式进行采样，每天收集 2 次尿样，每隔 12 h 采集 1 次，连续采集 3 d，每天采集尿样的时间在前 1 天的基础上延后 4 h，收集的尿液按一定比例加 98%的浓硫酸，调整 pH（pH<3），－20 ℃保存。采用凯氏定氮法分析尿氮含量[5]，采用脲酶法测定尿素氮含量[7]，采用苦味酸比色法测定尿肌酐含量[8]，测定所需试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。参考 Valadares 等[8]的试验方法，用尿肌酐（每头牛每天 1 kg 体重约排出 29 mg 尿肌酐）标记来测定试验牛的排尿量。

1. 3. 2 饲料样和粪样

按四分法收集 TMR 样品，并在 65 ℃烘箱中烘干制成风干样，粉碎后备用。预试期第 1～3 天、正试期第 28～30 天、正试期第 58～60 天使用全收粪法采集 3 次粪样，连续 3 d 进行 24 h 全收粪，每组收集 10 头试验牛的粪样。收粪前先将牛床冲洗干净，并及时将粪样收集起来，每天将收集的粪样混匀并称重，并采用四分法收集当天的粪样，按每 100 g 粪样添加 25 mL 10%的硫酸对其进行固氮处理后放入－20 ℃冰箱中冷冻保存，采样期最后 1 天将 3 d 内所留的粪样按照重量比例均匀混合，然后将其放入 65 ℃烘箱中烘至恒重保存。参照张丽英[5]主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》中的检测方法，测定饲粮和粪中粗蛋白质（CP）的含量。

1.3.3 产奶量和乳成分

每天使用利拉伐鱼骨式挤奶机挤奶 2 次（04:00、16:00），自动显示产奶量。预试期、正试期每隔 5 d 记录 1 次试验牛产奶量，每次连续记录 3 d，取平均值。

分别在预试期第 1 天和正试期每隔 15 d 收集乳样，按照早、晚产奶量的比例进行收集，共收集 65 mL，其中 50 mL 需添加重铬酸钾防腐剂（0.6 mg/mL），将其混合均匀后放入 4 ℃冰箱中冷藏用于测定乳成分，剩余 15 mL 乳样经离心处理去除乳脂和乳蛋白后，取 1.5 mL

处理后的乳样将其置于－20 ℃冰箱中冷冻，用于测定乳尿素氮的排泄量。使用山东省农业科学院奶牛研究中心生产性能测定实验室的乳成分和体细胞自动分析仪（丹麦 Foss 公司生产，型号 CombiFoss FT+）测定乳脂率、乳蛋白率、乳糖率以及乳体细胞数，使用加权平均法计算正试期各乳成分的含量。

### 1.3.4 尿中嘌呤衍生物排出量

尿中含有的嘌呤衍生物主要来自瘤胃微生物嘌呤，因此瘤胃微生物蛋白（MCP）产量可以通过嘌呤衍生物进行估测。分别采用尿酸测定试剂盒和酶联免疫吸附试验（ELISA）试剂盒测定尿中尿酸和尿囊素的含量，其中尿酸含量测定中，无蛋白滤液中的尿酸在碱性状态下还原磷钨酸生成钨蓝、尿囊素和二氧化碳，蓝色深浅与尿酸含量呈正比，使用 UV-1800PC 分光光度计（上海美谱达仪器有限公司）进行比色，计算出尿酸的含量。尿囊素含量的测定，往预先包被尿囊素抗体的包被微孔中，依次加入样本、标准品、辣根过氧化物酶（HRP）标记的检测抗体，经过温育并彻底洗涤后加底物 3,3',5,5'-四甲基联苯胺(TMB)显色，TMB 在过氧化氢酶的催化下转化为蓝色，并在酸的作用下最终转化为黄色，颜色的深浅与尿囊素的含量呈正相关，使用 MK3 型酶标仪[赛默飞世尔（上海）仪器有限公司]测定其吸光度，通过标准曲线计算出尿囊素的含量[9]。尿中嘌呤衍生物的含量为尿酸与尿囊素之和[10]，其计算公式如下：

每日尿中嘌呤衍生物总排出量（mmol/d）=每日尿酸排出量（mmol/d）+每日尿囊素排出量（mmol/d）

### 1.4 数据处理与分析

使用 Excel 2016 软件对试验数据进行初步处理。使用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析，Duncan 氏法多重比较检验组间差异显著性，以 $P$<0.05 和 $P$<0.01 分别表示差异显著和极显著，结果以平均值±标准误表示。

## 2 结　果

2.1　肉桂醛对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量的影响

由表 2 可知，在尿酸含量方面，试验 1 和 2 组均极显著高于对照组（$P$<0.01），试验 3 组显著高于对照组（$P$<0.05），而各试验组之间无显著差异（$P$>0.05）。在尿囊素含量方面，各试验组均极显著高于对照组（$P$<0.01），其中试验 2 组极显著高于试验 3 组（$P$<0.01），试验 2 组与试验 1 组之间无显著差异（$P$>0.05），试验 3 组和试验 1 组之间无显著差异（$P$>0.05）。在嘌呤衍生物排出量方面，各试验组均极显著高于对照组（$P$<0.01），其中试验 2 组极显著高于试验 3 组（$P$<0.01），试验 2 组与试验 1 组之间无显著差异（$P$>0.05），试验 3 组与试验 1 组之间无显著差异（$P$>0.05），试验 1、2、3 组的嘌呤衍生物排出量与对照组相比，分别提高了 14.22%、17.62%、10.49%。

表 2　肉桂醛对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量的影响

Table 2　Effects of cinnamic aldehyde on urinary PD production of dairy cows

| 项目 Items | 对照组 Control group | 试验 1 组 Test group 1 | 试验 2 组 Test group 2 | 试验 3 组 Test group 3 |
|---|---|---|---|---|
| 尿酸 Uric acid/(mmol/d) | $32.13\pm0.79^{Bb}$ | $42.63\pm1.99^{Aa}$ | $45.93\pm2.88^{Aa}$ | $40.75\pm1.01^{ABa}$ |
| 尿囊素 Allantoin/(mmol/d) | $271.50\pm3.40^{Cc}$ | $304.20\pm3.30^{ABab}$ | $311.23\pm2.87^{Aa}$ | $294.73\pm1.94^{Bb}$ |
| 嘌呤衍生物 PD/(mmol/d) | $303.65\pm3.69^{Cc}$ | $346.83\pm3.53^{ABab}$ | $357.15\pm2.97^{Aa}$ | $335.50\pm4.18^{Bb}$ |
| 嘌呤衍生物提高幅度 Increase range of PD/% | 0 | 14.22 | 17.62 | 10.49 |

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P$<0.05），不同大写字母表示差异极显著（$P$<0.01），相同或无字母表示差异不显著（$P$>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P$<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P$<0.01), while

with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

## 2.2 肉桂醛对奶牛干物质采食量和产奶性能的影响

由表 3 可知，肉桂醛对奶牛干物质采食量影响较小，各试验组与对照组相比差异不显著（*P*>0.05）。在产奶量方面，试验 1 和 2 组均极显著高于对照组（*P*<0.01），而试验 2 组与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05），试验 3 组显著高于对照组（*P*<0.05），试验 3 组与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05），试验 1、2、3 组的产奶量分别比对照组提高了 10.80%、12.15%、6.48%。在乳脂率方面，试验 1 和 2 组均极显著高于对照组（*P*<0.01）；其中试验 2 组显著高于试验 1 组（*P*<0.05），极显著高于试验 3 组（*P*<0.01）；试验 3 组与对照组之间无显著差异（*P*>0.05）。在乳蛋白率方面，各试验组均极显著高于对照组（*P*<0.01），其中试验 2 组极显著高于试验 1 和 3 组（*P*<0.01），而试验 1 组与试验 3 组之间无显著差异（*P*>0.05）。在乳体细胞数方面，各试验组均极显著低于对照组（*P*<0.01），其中试验 2 组极显著低于试验 3 组（*P*<0.01），试验 2 组与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05），试验 3 组与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）。

表 3 肉桂醛对奶牛干物质采食量和产奶性能的影响

Table 3 Effects of cinnamic aldehyde on DMI and milk performance of dairy cows

| 项目 Items | 对照组 Control group | 试验 1 组 Test group 1 | 试验 2 组 Test group 2 | 试验 3 组 Test group 3 |
|---|---|---|---|---|
| 干物质采食量 DMI/（kg/d） | 21.28±0.24 | 21.48±0.16 | 21.52±0.14 | 21.39±0.15 |
| 产奶量 Milk yield/（kg/d） | 28.24±0.53$^{Bc}$ | 31.29±0.48$^{Aab}$ | 31.67±0.32$^{Aa}$ | 30.07±0.44$^{ABb}$ |
| 产奶量提高幅度 Increase range of milk yield/% | 0 | 10.80 | 12.15 | 6.48 |
| 乳脂率 Milk fat percentage/% | 3.43±0.05$^{Cc}$ | 3.61±0.04$^{ABb}$ | 3.73±0.02$^{Aa}$ | 3.53±0.02$^{BCbc}$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 乳蛋白率 Milk protein percentage/% | 3.27±0.03$^{Cc}$ | 3.46±0.04$^{Bb}$ | 3.62±0.02$^{Aa}$ | 3.43±0.02$^{Bb}$ |
| 乳糖率 Milk lactose percentage/% | 5.19±0.05 | 5.20±0.06 | 5.25±0.09 | 5.28±0.09 |
| 乳体细胞数 Milk somatic cell counts/($10^3$/mL) | 156.75±2.11$^{Aa}$ | 132.57±4.03$^{BCbc}$ | 125.97±1.85$^{Cc}$ | 139.68±2.95$^{Bb}$ |

2.3 肉桂醛对奶牛氮排泄的影响

由表 4 可知，在粪氮排泄量方面，试验 1 和 2 组均极显著低于对照组（*P*<0.01）；其中试验 2 组显著低于试验 3 组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）；试验 3 组显著低于对照组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）。在尿氮排泄量方面，各试验组均极显著低于对照组（*P*<0.01）；其中试验 2 组极显著低于试验 3 组（*P*<0.01），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）；试验 3 组与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）。在乳尿素氮含量方面，试验 2 组极显著低于对照组（*P*<0.01），显著低于试验 3 组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）；试验 1 组显著低于对照组（*P*<0.05），试验 3 组与对照组之间无显著差异（*P*>0.05）。在氮总排泄量方面，各试验组均极显著低于对照组（*P*<0.01），试验 1、2、3 组分别比对照组减少了 9.76%、14.13%、7.39%；其中试验 2 组显著低于试验 1 组（*P*<0.05），极显著低于试验 3 组（*P*<0.01）；试验 1 组和试验 3 组之间无显著差异（*P*>0.05）。在可消化氮含量方面，试验 2 组极显著高于对照组（*P*<0.01），显著高于试验 3 组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）；试验 1 和 3 组显著高于对照组（*P*<0.05），而 2 组间无显著差异（*P*>0.05）。在氮表观消化率方面，试验 1 和 2 组均极显著高于对照组（*P*<0.01）；其中试验 2 组显著高于试验 3 组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）；试验 3 组显著高于对照组（*P*<0.05），与试验 1 组之间无显著差异（*P*>0.05）。

表 4 肉桂醛对奶牛氮排泄的影响

Table 4 Effects of cinnamic aldehyde on nitrogen excretion of dairy cows

| 项目<br>Items | 对照组<br>Control group | 试验 1 组<br>Test group 1 | 试验 2 组<br>Test group 2 | 试验 3 组<br>Test group 3 |
|---|---|---|---|---|
| 食入氮 Intake N/（g/d） | 534.21±3.52 | 537.99±6.01 | 539.94±3.90 | 537.28±4.07 |
| 粪氮 Feces N/（g/d） | 179.73±2.27$^{Aa}$ | 166.08±3.96$^{Bbc}$ | 160.41±2.46$^{Bc}$ | 170.22±2.25$^{ABb}$ |
| 尿氮 Urine N/（g/d） | 219.13±3.14$^{Aa}$ | 193.87±4.36$^{BCbc}$ | 182.09±3.23$^{Cc}$ | 199.17±1.53$^{Bb}$ |
| 乳氮 Milk N/（g/d） | 147.62±1.60$^{Bc}$ | 173.19±6.28$^{Aab}$ | 183.62±4.80$^{Aa}$ | 165.00±5.32$^{ABb}$ |
| 乳尿素氮 MUN/（mg/dL） | 16.79±0.40$^{Aa}$ | 14.72±0.51$^{ABbc}$ | 14.24±0.41$^{Bc}$ | 15.89±0.44$^{ABab}$ |
| 可消化氮 Digestible N/（g/d） | 354.49±1.29$^{Bc}$ | 371.91±3.98$^{ABab}$ | 379.53±3.47$^{Aa}$ | 367.07±4.18$^{ABb}$ |
| 氮总排泄量 N total excretion/（g/d） | 398.86±1.64$^{Aa}$ | 359.95±6.39$^{BCb}$ | 342.50±5.54$^{Cc}$ | 369.38±3.27$^{Bb}$ |
| 氮总排泄量减少幅度<br>Decrease range of N total excretion/%） | 0 | 9.76 | 14.13 | 7.39 |
| 氮表观消化率<br>N apparent digestibility/% | 66.36±0.21$^{Bc}$ | 69.13±0.57$^{Aab}$ | 70.29±0.66$^{Aa}$ | 68.32±0.44$^{ABb}$ |

## 3 讨 论

### 3.1 肉桂醛对奶牛尿中嘌呤衍生物排出量的影响

金恩望[11]体外发酵试验中指出，在奶牛瘤胃发酵液中分别添加 500 和 1 500 mg/L 的肉桂油，发酵 72 h 后能够显著提高发酵液中 MCP 的含量。尿中嘌呤衍生物排出量与 MCP 含量存在高度相关性，其排出量的多少反映了 MCP 的产量的多少。研究表明，尿嘌呤衍生物法不仅能准确估测 MCP 产量变化，还具有操作方便和非侵入性等优点[12]。本试验结果表明，在饲粮中添加肉桂醛能显著提高尿中嘌呤衍生物排出量，与上述结论一致。瘤胃液中 $NH_3$-N

浓度作为衡量瘤胃氮代谢的一项重要指标，其浓度间接反映了瘤胃微生物利用 $NH_3$-N 合成 MCP 和瘤胃微生物分解饲粮蛋白质生成 $NH_3$-N 的平衡状况，如果 $NH_3$-N 的浓度上升，说明瘤胃微生物分解饲粮蛋白质生成 $NH_3$-N 的速度大于微生物利用 $NH_3$-N 合成 MCP 的速度，如果 $NH_3$-N 的浓度降低，则表明瘤胃微生物利用 $NH_3$-N 合成 MCP 的速度大于 $NH_3$-N 的生成速度[13]。Fraser 等[14]在体外发酵试验中指出，在瘤胃液中添加 500 mg/L 的肉桂醛可以显著降低 $NH_3$-N 的浓度。Cardozo 等[15]的体外试验研究发现，肉桂醛可以通过抑制瘤胃微生物的脱氨作用来降低瘤胃液中 $NH_3$-N 的浓度。

3.2 肉桂醛对奶牛干物质采食量和产奶性能的影响

曹爱青[16]研究发现，每天在肉牛饲粮中添加 300、600、900 mg 肉桂醛时，肉牛干物质采食量有所下降，但是饲料转化率呈明显的线性增加趋势；当每天添加 1200 mg 肉桂醛时会极显著降低干物质采食量，其饲料转化率也呈明显的下降趋势。Yang 等[17-18]研究表明，在饲粮中添加不同水平的肉桂醛可以有助于提高肉牛干物质采食量，减少应激的作用，但是差异不显著。本试验结果表明，在饲粮中添加不同水平的肉桂醛，对奶牛干物质采食量影响较小。产奶量、乳脂率、乳蛋白率和乳体细胞数是衡量奶牛产奶性能的重要指标，张勇等[2]研究发现，在奶牛饲粮中添加 30 g/（d•头）大蒜油和肉桂醛复合物，试验组平均产奶量与对照组相比显著提高了 22.4%，乳体细胞数显著降低了 11.0%，对于乳脂率和乳蛋白率没有显著影响，但是有降低乳尿素氮含量的趋势。周明等[19]研究表明，肉桂醛具有降糖调脂的作用，可促进葡萄糖转化为脂肪。本试验结果表明，在奶牛饲粮中添加肉桂醛后，能提高奶牛的产奶量、乳脂率和乳蛋白率，降低乳体细胞数。徐晓明等[20]研究了饲粮中添加以大蒜和肉桂为基础的植物提取物 NE300 对泌乳初期奶牛生产性能的影响，结果表明 NE300 可以降低蛋白质在瘤胃中的降解率，显著提高泌乳初期奶牛的产奶量，极显著降低乳体细胞数。Kung 等[21]研究表明，降低瘤胃中蛋白质的分解速度，以增加到达小肠的氨基酸数量，是提高奶牛产奶量的常见做法。Taylor 等[22]发现，提高奶牛饲粮蛋白质的过瘤胃率，可以提高奶

牛产奶量、乳脂率和乳糖率。Cardozo 等[15]研究表明，低剂量的肉桂油可以降低乳尿素氮和乳体细胞数，可能是由于肉桂油影响了瘤胃微生物氮代谢，提高了氨基酸含量，减少了氨的生成引起的。乳体细胞数是衡量奶牛乳房健康状况的重要指标，乳体细胞数越低，表明乳房的健康状况越好，隐形乳房炎的发病率就越低。Sung 等[23]研究肉桂醛对 3 周龄肉鸡的影响时发现，肉桂醛能够提高机体的免疫力，添加 25～400 ng/mL 的肉桂醛能极显著提高脾淋巴细胞的增殖能力，添加 1.2～5.0 μg/mL 的肉桂醛能极显著活化巨噬细胞的吞噬能力，添加 14.4 mg/kg 的肉桂醛能极显著提高淋巴细胞的 2~47 褶皱处白细胞介素（IL）-1、IL-6、IL-15 以及β-干扰素的含量。张文平等[24]在体外研究柠檬醛和肉桂醛对抗曲霉菌活性的影响时指出，肉桂醛还具有良好的抑菌杀菌作用，能够破坏细菌或真菌结构和功能的完整性，其结构中的醛基为亲水基，容易被真菌表面的亲水基吸附，从而破坏细胞壁的多糖结构穿透细胞壁。肉桂醛的抑菌杀菌作用和提高机体免疫力的功能，都有助于提高乳房的健康水平，从而降低乳体细胞数。

3.3　肉桂醛对奶牛氮排泄及氮表观消化率的影响

氨是饲粮蛋白质的降解产物之一，也是瘤胃微生物生长所需的主要氮源。瘤胃原虫具有较强的脱氨基能力，却不能利用 $NH_3$-N 进行生长繁殖，因此驱除原虫可以降低 $NH_3$-N 的浓度，提高瘤胃的氮存留率[25]。Benchaar 等[26]在植物精油调控瘤胃发酵的研究中指出，植物精油降低 $NH_3$-N 浓度的重要原因在于抑制了瘤胃产氨菌。林波等[27]研究肉桂油及其主要成分对体外瘤胃发酵和甲烷产生的影响时指出，添加 200 mg/L 肉桂油降低瘤胃 $NH_3$-N 浓度的原因可能是抑制了瘤胃原虫和产气菌。金恩望[11]研究表明，添加 300 和 1 500 mg/L 肉桂醛可以显著降低瘤胃体外发酵过程中 $NH_3$-N 的浓度。瘤胃氮代谢也与 MCP 的产量密切相关，肉桂醛能够提高瘤胃微生物利用 $NH_3$-N 合成 MCP 的速度，增加了瘤胃 MCP 的产量，进而减少了 $NH_3$-N 的损失，降低了氮排放。肉桂醛是植物提取物的一种，它具有防止饲料霉变、促进动物生长和提高饲料利用率的功能，并且能够明显提高饲粮中氮素的贮留量，对于蛋白

质的合成具有积极的意义。曹爱青[16]研究发现，每天在肉牛饲粮中添加 300、600、900 mg 的肉桂醛时，肉牛饲料转化效率呈明显的线性增加趋势；当添加量为 1 200 mg/d 时，肉牛的饲料转化率呈明显的下降趋势。本试验中，饲粮添加肉桂醛后显著降低了粪、尿中氮的排泄量，显著提高了氮表观消化率。

## 4 结 论

在奶牛饲粮中添加适宜水平的肉桂醛，可以显著提高尿中嘌呤衍生物的排出量、减少氮排泄、提高奶牛产奶性能，综合考虑上述指标，在本试验条件下，肉桂醛的适宜添加水平为 18 g/(d・头)。



参考文献：

[1] 周明,陈征义,申书婷.肉桂醛的研究进展[J].经济动物学报,2015,19(1):1–5,15.

[2] 张勇,高原,朱宇旌,等.大蒜油和肉桂酸复合物对奶牛生产性能及营养物质消化的影响[J].中国饲料,2012(5):17–20,23.

[3] 周霞.四种植物提取物对肉鸡氨气散发、生长性能和生化指标的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2012.

[4] 冯仰廉,陆治年.奶牛营养需要和饲料成分[M].3 版.北京:中国农业出版社,2007:2.

[5] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007:49–74.

[6] 朱雯.粗料来源对奶牛乳蛋白前体物生成与生产性能的影响与机制研究[D].博士学位论文.杭州:浙江大学,2013.

[7] KOHN R A,FRENCH K R,RUSSEK-COHEN E.A comparison of instruments and laboratories used to measure milk urea nitrogen in bulk-tank milk samples[J].Journal of Dairy Science,2004,87(6):1848–1853.

[8] VALADARES R F D,BRODERICK G A,VALADARES FILHO S C,et al.Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives[J].Journal of Dairy Science,1999,82(12):2686–2696.

[9] 曲永利.CNCPS 体系在奶牛生产中的应用及日粮能氮平衡检测指标的研究[D].博士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2010.

[10] CHEN X B,MATUSZEWSKI W,KOWALCZYK J.Determination of allantoin in biological,cosmetic,and pharmaceutical samples[J].Journal of AOAC International,1996,79(3):628–635.

[11] 金恩望.体外法研究植物精油对瘤胃体外发酵和甲烷生成的影响[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2013.

[12] 马涛,刁其玉,邓凯东.尿嘌呤衍生物法估测瘤胃微生物蛋白质产量[J].动物营养学报,2011,23(1):10–14.

[13] 王加启.反刍动物营养学研究方法[M].北京:现代教育出版社,2011.

[14] FRASER G R,CHAVES A V,WANG Y,et al.Assessment of the effects of cinnamon leaf oil on rumen microbial fermentation using two continuous culture systems[J].Journal of Dairy Science,2007,90(5):2315–2328.

[15] CARDOZO P W,CALSAMIGLIA S,FERRET A,et al.Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and fermentation profiles in continuous culture[J].Journal of Animal Science,2004,82(11):3230–3236.

[16] 曹爱青.肉桂醛在肉牛生产上的应用研究[J].饲料广角,2012(16):37–38.

[17] YANG W Z,AMETAJ B N,BENCHAAR C,et al.Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers:ruminal and intestinal digestion[J].Journal of Animal Science,2010,88(2):680–688.

[18] YANG W Z,AMETAJ B N,BENCHAAR C,et al.Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets:Intake,growth performance,carcass characteristics,and blood metabolites[J].Journal of Animal Science,2010,88(3):1082–1092.

[19] 周明,陈征义,申书婷.肉桂醛的制备方法和生物学功能[J].动物营养学报,2014,26(8):2040–2045.

[20] 徐晓明,CARDOZO P W,邓莹莹,等.日粮中添加植物提取物对泌乳初期奶牛生产性能的影响[J].乳业科学与技术,2010,33(3):139–141.

[21] KUNG L,Jr,HUBER J T.Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts,sources,and degradability[J].Journal of Dairy Science,1983,66(2):227–234.

[22] TAYLOR R B,HUBER J T,GOMEZ-ALARCON R A,et al.Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows during hot environmental temperatures[J].Journal of Dairy Science,1991,74(1):243–249.

[23] LEE S H,LILLEHOJ H S,JANG S I,et al.Cinnamaldehyde enhances *in vitro* parameters of immunity and reduces *in vivo* infection against avian coccidiosis[J].British Journal of Nutrition,2011,106(6):862–869.

[24] 张文平,傅颖媛,谢小梅.柠檬醛、肉桂醛抗曲霉菌作用机制研究[J].江西医学院学报,2003,43(6):10–13.

[25] MCINTOSH F M,WILLIAMS P,LOSA R,et al.Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism[J].Applied and Environmental Microbiology,2003,69(8):5011–5014.

[26] BENCHAAR C,CALSAMIGLIA S,CHAVES A V,et al.A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production[J].Animal Feed Science and Technolgy,2008,145(1/2/3/4):209–228.

[27] 林波,纪苗苗,梁权,等.肉桂油和牛至油及其主要成分对体外瘤胃发酵和甲烷产生的影响[J].中国兽医学报,2011,31(2):279–282,287.

Effects of Cinnamic Aldehyde on Purine Derivatives Excretion, Milk Performance and Nitrogen Excretion of Dairy Cows

ZHANG Chengxi[1] LIU Kaidong[2] SUN Guoqiang[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Qingdao Agricultural University, Qingdao* 266109, *China;* 2. *Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine of Qingdao, Qingdao* 266100, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to determine the effects of cinnamic aldehyde (CA) on purine derivatives excretion, milk performance and nitrogen excretion of dairy cows. Forty Holstein cows with similar age, body weight, parity, milk yield, milk composition and lactation stage [(90±15) days in milk] were divided into 4 groups with 10 cows per group. The supplement levels of CA in control group and test groups 1, 2 and 3 were 0, 12, 18 and 24 g/(d • head), respectively. The pretest lasted for 15 days, and the test lasted for 60 days. The results showed as follows: 1) the urinary purine derivatives excretions in test groups were significantly higher than that in control group ($P$<0.01), which in test groups 1, 2 and 3 were increased by 14.22%, 17.62% and 10.49% compared with the control group. 2) The milk yields in test groups were significantly higher than that in control group ($P$<0.05 or $P$<0.01), which in test groups 1, 2 and 3 were increased by 10.80%, 12.15% and 6.48% compared with the control group. The milk fat percentages in test groups 1 and 2 were significantly higher than that in control group ($P$<0.01), the milk protein percentages in test groups were significantly higher than that in control group ($P$<0.01), the milk somatic cell count in test groups were significantly lower than that in control

group ($P$<0.01). 3) Compared with control group, the nitrogen total excretions in test groups were significantly reduced ($P$<0.01), which were reduced by 9.76%, 14.13% and 7.39% in test groups 1, 2 and 3, respectively. Based on the data of purine derivatives excretion, milk yield, milk composition content and nitrogen total excretion indices, it can be concluded that the suitable supplement level of CA is 18 g/(d·head) in dairy cows under the condition in the present study.

Key words: cinnamic aldehyde; purine derivatives; milk performance; nitrogen excretion[1]



*Corresponding author, professor, E-mail: qdnydxsgq@126.com （责任编辑　武海龙）